



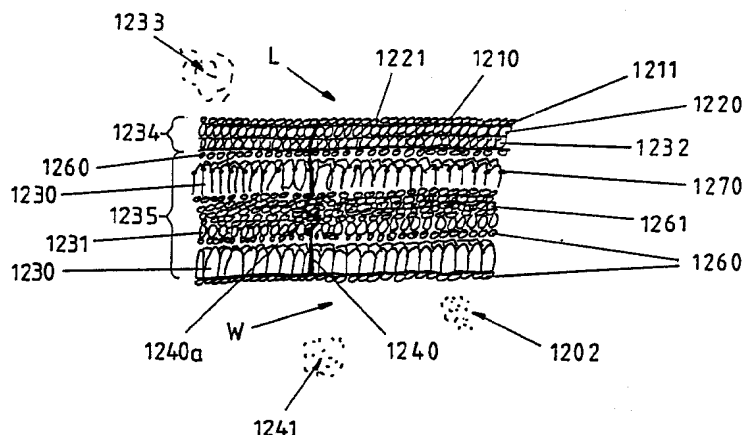
<b>(51) Internationale Patentklassifikation 5 :</b>  <b>F25C 1/00</b>	<b>A1</b>	<b>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:</b> <b>WO 92/15827</b> <b>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:</b> 17. September 1992 (17.09.92)
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b>     PCT/EP92/00305  <b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b>     12. Februar 1992 (12.02.92)  <b>(30) Prioritätsdaten:</b>                P 41 06 930.7                      5. März 1991 (05.03.91)                      DE  <b>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):</b> HAM-                BURGISCHE SCHIFFBAU-VERSUCHSANSTALT                GMBH [DE/DE]; Bramfelder Straße 164, D-2000 Ham-                burg 60 (DE).  <b>(72) Erfinder; und</b>  <b>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US) :</b> HELLMANN, Jens-Hol-                ger [DE/DE]; Lottestraße 8, D-2000 Hamburg 54 (DE).                RUPP, Karl-Heinz [DE/DE]; Stockrosenweg 79, D-2000                Hamburg 71 (DE). EVERS, Karl-Ulrich [DE/DE]; Som-                merpfad 2, D-2000 Hamburg 65 (DE). HÄUSLER,                Franz, Ulrich [DE/DE]; Großblöcken 8, D-2071 Siek                (DE).       </div> <div style="width: 48%;"> <b>(74) Anwälte:</b> RICHTER, Joachim usw. ; Neuer Wall 10, D-                2000 Hamburg 36 (DE).   <b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> CA, FI, JP, RU, US.   <b>Veröffentlicht</b>                <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i> </div> </div>		

**(54) Title:** METHOD AND DEVICES FOR FORMING A SHEET OF ICE FOR, IN PARTICULAR, TESTS WITH SHIP MODELS OR MODELS OF MARINE STRUCTURES

**(54) Bezeichnung:** VERFAHREN UND VORRICHTUNGEN ZUR ERZEUGUNG EINER EISDECKE, INSBESONDERE FÜR MODELLVERSUCHE MIT SCHIFFEN ODER MEERESBAUWERKEN

**(57) Abstract**

The method disclosed makes it possible to produce sheets of ice, in particular sheets for use in tests using models of ships or marine structures, the ice sheet having a texture (1235) which at least approximates that of a natural sheet of ice, and its deformation and failure characteristics reflect with substantial accuracy, on a reduced scale, the behaviour observed on ice sheets in nature. The method consists in producing an ice layer by disrupting the columnar growth (1230) of the ice by the introduction of finely particulate ice-growth nuclei (1202) into the water body in such a way that fine-grain ice (1260) is obtained through the whole thickness of the ice or in one or more layers.



**(57) Zusammenfassung**

Das Verfahren ermöglicht, Eisdecken, insbesondere für Modellversuche mit Schiffen und Meeresbauwerken, zu erzeugen, die eine Textur (1235) aufweisen, die zumindest annähernd der von Eisdecken in der Natur entspricht und deren Verformungs- und Versagensverhalten ein weitgehend maßstabgerechtes Abbild dessen liefern, was an Eisdecken in der Natur beobachtet wird, und besteht darin, daß die Eisdecke erzeugt wird, indem das säulenförmige Wachstum (1230) des Eises durch Eintrag von feinkörnigen Eiswauchstumskeimen (1202) in den Wasserkörper so gestört wird, daß über die gesamte Eisdicke oder in einer oder mehreren Schichten ein feinkörniges Eis (1260) erhalten wird.

# **LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	FI	Finnland	MN	Mongolei
AU	Australien	FR	Frankreich	MR	Mauritanien
BB	Barbados	GA	Gabon	MW	Malawi
BE	Belgien	GB	Vereinigtes Königreich	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GN	Guinea	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	GR	Griechenland	PL	Polen
BJ	Benin	HU	Ungarn	RO	Rumänien
BR	Brasilien	IE	Irland	RU	Russische Föderation
CA	Kanada	IT	Italien	SD	Sudan
CF	Zentrale Afrikanische Republik	JP	Japan	SE	Schweden
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SN	Senegal
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SU	Soviet Union
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	TD	Tschad
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	TG	Togo
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	US	Vereinigte Staaten von Amerika
DE*	Deutschland	MC	Monaco		
DK	Dänemark	MG	Madagaskar		
ES	Spanien	ML	Mali		

Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugung einer Eisdecke, insbesondere für Modellversuche mit Schiffen oder Meeresbauwerken.

#### Anwendungsgebiet

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung einer Eisdecke auf einer Wasseroberfläche, insbesondere für Modellversuche mit Schiffen oder Meeresbauwerken und Vorrichtungen zur Durchführung des Verfahrens.

#### Stand der Technik

Um im Projektstadium Aussagen über das Eisbrechverhalten von eisbrechenden Schiffen oder über Eislasten auf Meeresbauwerke machen zu können, werden Modelle dieser Schiffe bzw. Meeresbauwerke im Eistank untersucht. Ein Eistank ist ein kühlbarer Schleppkanal für hydraulische Modellversuche bei Vorhandensein von Eis auf dem Wasser. Das Eis im Eistank, als Modelleis bezeichnet, fungiert dabei als physikalisches Modell des natürlichen Eises auf dem Meer oder auf Binnengewässern. Die Eigenschaften des Modelleises, insbesondere die mechanischen Eigenschaften, müssen dem Modellmaßstab entsprechend skaliert werden.

Natürliches Eis ist, allein schon wegen seiner zu hohen Festigkeit, für die Zwecke von Modellversuchen im Eistank in der Regel nicht geeignet. Es sind deswegen verschiedene Verfahren zur Herstellung von Modelleis entwickelt worden. So ist es bekannt, Wasser, aus dem Modelleis gefroren wird, mit taupunktabsenkenden Chemikalien zu versetzen, z.B. Kochsalz, Harnstoff oder Glycol oder dem Gefrierwasser andere, eigenschaftsverändernde Zusätze beizugeben, z.B. Zucker oder Detergentien. Aus dotiertem

Wasser in herkömmlicher Weise durch Wärmeentzug an der Oberfläche gefrorene Eisdecken werden, sobald sie die gewünschte Dicke annähernd erreicht haben, einem Temperprozeß unterzogen. Der Temperprozeß dient dazu, die modellmaßstäblich erforderlichen mechanischen Eigenschaften einzustellen. Es ist weiterhin bekannt, die Dichte des in herkömmlicher Weise gefrorenen Modelleises dadurch zu beeinflussen, daß während des Gefrierprozesses kontinuierlich oder periodisch mittels eines fein perforierten Schlauches kleine Gasblasen in den Wasserkörper geblasen werden. Die Gasblasen steigen auf, lagern sich an der momentanen Eisunterseite an und werden mit fortschreitendem Eiswachstum vom Eis eingeschlossen (Spencer D.S. und G.W. Timco, Proc. IAHR - ICE Symposium, Espoo, 1990, Vol. II, 745-755).

Auch ist es bekannt, kleine Kunststoffpartikel, die nahezu die Dichte des Gefrierwassers aufweisen, in den Wasserkörper einzubringen. Die Kunststoffpartikel werden vom sich bildenden Eis eingeschlossen. Sie bilden im Eis Störstellen und lassen dadurch das damit durchsetzte Modelleis spröder erscheinen.

Auch ist das Erzeugen einer Modelleisdecke mittels eines Sprühvorganges bekannt. In der DE-OS 33 45 648 ist ein Verfahren zur Erzeugung einer Eisdecke, insbesondere für Schiffsmodellversuche, auf einer Wasseroberfläche mittels eines Sprühvorganges beschrieben. Nach diesem Verfahren wird die Eisdecke erzeugt, indem in der Luft gefrierende Wassertröpfchen auf die Wasseroberfläche bzw. auf eine durch herkömmliches Gefrieren auf der Wasseroberfläche erzeugte, äußerst dünne Eisdecke gesprüht werden, wobei dieser Vorgang so lange fortgesetzt wird, bis die ganze oder zumindest die wesentlich ganze Eisdeckenstärke erreicht wird. Das Aufsprühen erfolgt hierbei bei kalter Raumatmosfera, so daß die Eisdecke nach oben hin aufgebaut wird.

Die durch herkömmliches Gefrieren mittels Wärmeentzug an der Oberfläche hergestellten Modelleisdecken weisen im wesentlichen eine säulenförmige Kornstruktur auf (Fig.2). Der Gefrierprozeß von derartigen Modelleisdecken wird üblicherweise dadurch eingeleitet, daß in die kalte Luft über dem von jeglichem Eis befreiten, gefrierbereiten Wasser des Eistanks ein feiner Wassernebel gesprüht wird. Die Nebeltröpfchen gefrieren noch in der Luft und sinken als feine Eiskristalle auf die Wasseroberfläche, wo sie spontan eine hauchdünne Eishaut bilden. Die c-Achsen der Eiskristalle dieser Eishaut sind regellos orientiert. Die c-Achse ist die Hauptanisotropieachse der hexagonalen Kristallgitterstruktur von Eis. Da die Wachstumsgeschwindigkeit von Eiskristallen senkrecht zur c-Achse maximal ist, wachsen diejenigen Kristalle der spontan gebildeten Eishaut, deren c-Achse annähernd horizontal liegt, schneller als andere, ungünstiger orientierte Kristalle, weil ihre Richtung maximaler Wachstumsgeschwindigkeit parallel zur Richtung des Wärmeflusses liegt. Die Folge ist, daß die günstiger orientierten Kristallkörner schneller säulenförmig in den Wasserkörper hineinwachsen und mit zunehmender Länge benachbarte, ungünstiger orientierte Kristallkörner verdrängen. Dadurch nimmt auch die Anzahl der Kristallkörner in einem horizontalen Schnitt mit zunehmender Tiefe ab und entsprechend der Durchmesser dieser Kristallkörner zu.

Bei dotiertem Gefrierwasser bildet sich unter der aus dem gefrorenen Nebel gebildeten Eishaut meist zunächst eine dünne Eisoberschicht aus, die aus relativ kleinen, nicht oder kaum säulenförmigen Eiskristallkörnern besteht (Fig.3). Die Dicke dieser feinkristallinen Oberschicht beträgt je nach Wasserzusatz und Gefriereschwindigkeit bis zu etwa 1 cm, sie kann aber auch ganz fehlen. Die oben

beschriebenen säulenförmigen Kristallkörner beginnen an der Unterseite dieser Oberschicht - so sie existiert - und reichen, soweit sie nicht von günstiger orientierten Nachbarkristallkörner verdrängt werden, bis zur Unterseite der gesamten Eisdecke. Die mechanischen Eigenschaften von säulenförmig gewachsenem Modelleis sind planisotrop. Werden säulenförmig gewachsene Modelleisdecken auf Biegung belastet, eine beim Eisbrechen mit Schiffen typische Belastungsart, dann bilden sich Risse bevorzugt entlang der Korngrenzen der säulenförmigen Kristallkörner (Fig.4), d.h. in vertikalen Schnitten durch die Eisdecke quer zum Riß verlaufen diese Risse annähernd lotrecht und geradlinig durch die gesamte Eisdicke. Unter Druckbelastung, wenn das Eis zerquetscht wird, eine typische Verhaltensform des Eises bei Interaktion mit Meeresbauwerken, treten auch transgranuläre Risse auf. Da aber das einzelne Eiskristallkorn im Modelleis aus natürlichem Eis besteht, also auch die Festigkeit natürlichen Eises aufweist, sind die Kräfte, die zur Erzeugung transgranularer Risse in Modelleis erforderlich sind, unmaßstäblich hoch.

Die Eiskristallkörner in Modelleisdecken, die durch Sprühverfahren aufgebaut werden (Fig.5), sind durchweg feinkörnig und regellos orientiert. Die Textur derartigen Eises wird als "granular" bezeichnet. Die mechanischen Eigenschaften von granularem Eis sind annähernd isotrop. Unter Belastung sich bildende Risse folgen auch hier bevorzugt den Korngrenzen. Da die Kristallkörner aber annähernd kugelförmig sind und dicht aneinander gepackt liegen, weisen Risse, wie sie bei Biegebelastung entstehen, eine unebene Oberfläche auf. In vertikalen Schnitten durch die Eisdecke quer zum Riß erscheinen sie als im wesentlichen lotrecht orientierte Zickzacklinie. Um feinkörnig granulares Modelleis unter Druckbelastung zu zerquetschen, ist es, bedingt

durch das Vorhandensein vieler kleiner Kristallkörner und somit vieler Korngrenzen, nicht erforderlich, transgranulare Risse zu erzeugen. Die zum Zerquetschen des Eises erforderlichen Kräfte können daher bei Modelleis, das durch Sprühverfahren hergestellt wurde, annähernd richtig skaliert werden.

Das Wachstum von Eisdecken auf dem Meer oder auf ruhigeren Binnengewässern (Fig.6) verläuft meist in etwa so, wie oben für auf herkömmliche Weise gefrorenes, säulenförmiges Modelleis beschrieben. Auch hier bildet sich in der Regel der Kristallgitterstruktur von Eis entsprechend eine säulenförmige Textur aus. Auch findet sich häufig, insbesondere bei Meereis, eine etwa 5 bis 30 cm starke Oberschicht granularen Eises. Diese verdankt aber ihre Entstehung im wesentlichen entweder dem Zusammenfrieren von durchnäßigem Schnee auf der Eisoberfläche oder Störungen des säulenförmigen Eiswachstums zu Beginn des Wachstums der Eisdecke. Ursachen hierfür sind z.B. Wind, Wellen oder Strömung. Bedingt durch verschiedene äußere Störungen erstrecken sich aber auch die langgestreckten Kristallkörner im säulenförmig texturierten, unteren Bereich der natürlichen Eisdecken in der Regel nicht von der Eisoberfläche (bzw. der Unterseite der granularen Oberschicht) bis zur Eisunterseite. Die größte Länge dieser Kristallkörner beträgt selten mehr als 20 bis 30 cm. Häufig, insbesondere bei mehrjährigem Eis auf polaren Gewässern, finden sich auch mehr oder minder dicke Schichten granularen Eises, die in das säulenförmige Eis eingelagert sind. Die Planisotropie des Eises, die durch die säulenförmige Textur bedingt ist, wird durch all dies abgeschwächt. Die bevorzugt vertikale Orientierung der Korngrenzen bewirkt aber, daß durch Biegebelastung hervorgerufene Risse im Eis in der Natur meist annähernd gerade die gesamte Eisdicke durchlaufen.

Unter Druckbelastung wird natürliches Eis häufig zu einem mehr oder minder feinkörnigen Granulat zerquetscht. Natürliche Eisdecken zeigen in der Regel ein äußerst sprödes Versagensverhalten.

Modelleisdecken, die nach den bekannten Verfahren hergestellt sind, erfüllen die Aufgabe, ein physikalisches, korrekt skaliertes Modell von Eisdecken, wie sie in der Natur zu finden sind, zu liefern, nur unvollkommen. Je nach Herstellungsverfahren werden einzelne Teilbereiche gut, andere dagegen unzureichend abgebildet. So bilden die durch herkömmliches Gefrieren erzeugten, säulenförmig texturierten Modelleisdecken die Anisotropie des natürlichen Eises und die glatten Risse unter Biegebelastung recht gut ab. Schlecht dargestellt wird das Zerquetschen des Eises unter Druckbelastung, weil bei dieser Art des Versagens auch transgranulare Risse durch die säulenförmigen Kristallkörner erzeugt werden müssen. Die einzelnen Kristallkörner besitzen aber - auch nach einem Temperprozeß - annähernd die Festigkeit von Eiskristallen in der Natur, d.h., ihre Festigkeit kann nicht modellgerecht skaliert werden. Weiterhin sind die säulenförmigen Kristallkörner derartigen Modelleises viel zu groß. Das Versagenverhalten von säulenförmig texturierten Modelleisdecken, die auf herkömmliche Weise gefroren und zur Erlangung einer modellgerechten Festigkeit getempert wurden, ist zu duktil.

Auch ist die für das Auftriebsverhalten von gebrochenen Eisschollen maßgebliche Dichte des Modelleises erheblich zu hoch. Der durch Einblasen eines Gases in den Wasserkörper mittels perforierter Schläuche bewirkte Einschluß von Gasblasen (Fig.7) in den Eiskörper ermöglicht das Einstellen einer naturähnlichen Dichte bei herkömmlich gefrorenem, säulenförmigem Modelleis. Daneben vermindert das



im Eiskörper eingeschlossene Gas auch dessen tragenden Querschnitt, wodurch eine Schwächung des Modelleises erreicht wird, die sonst durch einen Teil des Temperprozesses erzielt wird. Eine reduzierte Temperung führt zu einem spröderen Versagensverhalten des Eises. Die durch Einblasen von Gas in den Wasserkörper mittels perforierter Schläuche erzeugten, gasgefüllten Poren sind aber mit etwa 1 mm Durchmesser zu groß, um als wirksame Spannungskonzentratoren dienen zu können.

Die Textur des Modelleises wird durch den Einschluß von Gasblasen nicht wesentlich beeinflusst. Entsprechendes gilt für das Einfrieren von Kunststoffpartikeln in den Eiskörper. Die Dicke der feinkörnigen Oberschicht von säulenförmigem Modelleis, das herkömmlich durch Wärmeentzug an der Eisoberfläche gefroren wurde, ist, soweit vorhanden, durch die Wahl des bzw. der Dopens und die Gegebenheiten des jeweiligen Eistanks festgelegt. Sie ist praktisch nicht zu beeinflussen.

Die durch einen Sprühvorgang erzeugten Modelleisdecken wiederum bilden das Zerquetschen des Eises unter Druckbelastung gut ab. Sie versagen naturähnlich spröde. Bedingt durch den Sprühvorgang werden mehr oder minder viele kleine Gasporen im Eiskörper eingeschlossen. Das Auftriebsverhalten von gebrochenen Schollen aus derartigem Modelleis ist dadurch naturähnlicher als das von herkömmlichem, säulenförmigem Modelleis ohne Gaseinschlüsse. Die Dichte kann aber nicht kontrolliert werden. Die Kristallkörner in Modelleis, das durch einen Sprühvorgang erzeugt wurde, sind wünschenswert klein. Da sie aber regellos orientiert sind, sind mechanischen Eigenschaften von derartigem Modelleis isotrop. Die typische Anisotropie von Eisdecken in der Natur wird nicht dargestellt. Durch Biegebelastung erzeugte Risse weisen eine naturähnliche gezackte, unebene Oberfläche auf.

E

Bei keinem der bekannten Verfahren zur Herstellung von Modelleisdecken ist es möglich, eine hinreichend feinkörnige und gleichzeitig die Anisotropie und die Textur des Eises in der Natur angemessen darstellende Textur zu erzeugen. Das Einstellen der Dichte durch kontrollierten Gas-eintrag ist bisher nur bei säulenförmig texturierten Modelleisdecken möglich, die durch herkömmliches Gefrieren mittels Wärmeentzug an der Oberfläche erzeugt werden. Diese aber weisen unmaßstäblich große Kristallkörner auf.

#### Aufgabe, Lösung, Vorteile

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, Eisdecken zu erzeugen, insbesondere für Modellversuche mit Schiffen und Meeresbauwerken, die eine Textur aufweisen, die zumindest annähernd der von Eisdecken in der Natur entspricht und deren Verformungs- und Versagensverhalten ein weitgehend maßstabsgerechtes Abbild dessen liefern, was an Eisdecken in der Natur beobachtet wird. Letzteres gilt auch für die Gestalt von Rißoberflächen und Bruchformen, wie sie unter verschiedenartiger Belastung erzeugt werden.

Diese Aufgabe wird durch die in den Patentansprüchen 1 und 2 angegebenen Verfahrensmaßnahmen gelöst.

Das erfindungsgemäße Verfahren besteht darin, daß eine Eisdecke auf einer Wasseroberfläche erzeugt wird, insbesondere für Modellversuche mit Schiffen und Meeresbauwerken, indem das säulenförmige Wachstum des Eises durch gezielten Eintrag von feinkörnigen Eiswauchstumskeimen in den Wasserkörper unter dem Eis so gestört wird, daß diese Eisdecke eine weitgehend beliebig gewünschte, bevorzugterweise der von Eisdecken in der Natur ähnliche Textur aufweist.

Des weiteren sieht die Erfindung zur Lösung der Aufgabe ein Verfahren zur Erzeugung einer Eisdecke auf einer Wasseroberfläche vor, nach dem die Eisdecke erzeugt wird, indem das säulenförmige Wachstum der Eisdecke durch Behandlung der Eisunterseite, insbesondere mechanische Behandlung, gestört wird, insbesondere durch Erzeugung von feinkörnigen Eiswauchstumskeimen an der die Wachstumsfront bildenden Eisunterseite, so daß diese Eisdecke eine weitgehend beliebig gewünschte, bevorzugterweise der von Eisdecken in der Natur ähnliche Textur aufweist.

Nach beiden erfindungsgemäßen Verfahren wird ein texturkontrolliertes Eis erzeugt. Es wird ein Eis erhalten, dessen Textur der von Eisdecken in der Natur entspricht oder sich dieser annähert. Insbesondere können nach dem Verfahren auch natürliche Eisdecken unterschiedlicher Textur gezielt naturähnlich nachgebildet werden. Auch können nach dem Verfahren Länge und Durchmesser der säulenförmigen Eiskristalle, so sie überhaupt gewünscht sind, begrenzt werden. Insgesamt ist es möglich, zwischen dem einen Extrem "streng säulenförmige Textur mit langen, annähernd über die gesamte Eisdecke reichenden Eiskristallen" (Fig. 2 und 3) - erzeugt durch ungestörtes, herkömmliches Wachstum - und dem anderen Extrem "über annähernd die gesamte Eisdicke reichende granulare Textur mit feinen, annähernd kugelförmigen, weitgehend regellos orientierten Eiskristallen" (ähnlich Fig. 5) - erzeugt durch kontinuierliche oder kurzzeitig periodische Störung des säulenförmigen Wachstums - weitgehend jede beliebige gewünschte Textur zu erzeugen. So können sich Schichten granularen Eises und säulenförmigen Eises in gleicher oder unterschiedlicher Dicke abwechseln und die Größe der säulenförmigen Kristallkörner innerhalb einer säulenförmig texturierten Schicht kann durch Einlagern einer oder mehrerer sehr

dünnen Schichten von Eiswauchstumskeimen begrenzt werden. Die nach dem Verfahren erzeugten Eisdecken bilden die Textur von Eisdecken in der Natur besser nach.

Die Störung des säulenförmigen Eiswauchstums wird nach dem einen Verfahrensweise dadurch bewirkt, daß feine Eiswauchstumskeime, z.B. feines Eisgranulat od.dgl., in den Wasserkörper unter der Eisdecke gefördert und dabei so verteilt werden, daß sie sich über die Fläche der gesamten Eisdecke oder Teilflächen davon annähernd gleichmäßig an der Eisunterseite anlagern. Bevorzugterweise werden die Eiswauchstumskeime mittels Wasser, das mit diesen befrachtet ist, in den Wasserkörper unter dem Eis gefördert. Die Wachstumskeime können dabei entweder von außerhalb des Wasserkörpers zugeführt oder mittels geeigneter Vorrichtungen, z.B. Kühlvorrichtungen mit mechanischer Zerkleinerung des dort erzeugten Eises od.dgl., innerhalb des Wasserkörpers erzeugt werden.

Bei der anderen Verfahrensweise wird die Störung des säulenförmigen Wachstums dadurch bewirkt, daß die Unterseite der Eisdecke durch geeignete Maßnahmen derart behandelt wird, daß dabei aus dem Material der Eisdecke feine Eispartikel herausgelöst oder abgebrochen werden, die sich anschließend als neue Eiswauchstumskeime an der Eisunterseite anlagern. Bevorzugterweise wird die Behandlung der Eisunterseite in Form von mechanischer Bearbeitung, z.B. durch spanabhebende Maßnahmen unter Verwendung geeigneter Werkzeuge, wie Bürsten oder Schaber od.dgl., durchgeführt.

Für den mechanischen Abrieb von Eiskristallen von der Eisunterseite werden bevorzugterweise ein oder mehrere Schaber od.dgl. eingesetzt, insbesondere Schaber mit einem

sägeblattähnlichen Profil an der am Eis anliegenden Kante. Ergänzend oder alternativ können auch eine oder mehrere Bürsten eingesetzt werden, die parallel zur Eisunterseite bewegt und/oder rotierend angetrieben werden. Die Andruckkraft, mit der die Bearbeitungswerkzeuge gegen die Eisunterseite gedrückt werden, wird durch geeignete Vorrichtungen so eingestellt bzw. begrenzt, daß eine Schädigung der Eisdecke als Ganzes vermieden wird. Bevorzugterweise werden die Bearbeitungswerkzeuge auf einem Schwimmkörper montiert, der im getauchten Zustand durch hydrostatischen Auftrieb eine gleichmäßig verteilte und konstante Anpreßkraft liefert. Die Anpreßkraft kann durch Beballasten des Schwimmkörpers eingestellt werden. Die Bearbeitungswerkzeuge können außerdem auf dem Schwimmkörper federnd angelenkt werden. Der Schwimmkörper kann durch geeignete Vorrichtungen wie Seilzüge od.dgl. unter der Eisdecke bewegt werden. Er kann auch von einem unter der Eisdecke fahrenden Unterwasserwagen bewegt und/oder von diesem geführt werden. Es ist auch möglich, die Bearbeitungswerkzeuge über einen Federmechanismus auf einem Unterwasserwagen zu montieren. Anstelle des Federmechanismus oder in Verbindung damit kann auch eine kraftgeregelte Anpreßvorrichtung eingesetzt werden. Die Erzeugung der Anpreßkraft kann auch mittels hydrodynamischen Auftriebs erfolgen.

Bei beiden Verfahren kann die Dichte des Eises und die Gasporosität des Eises dadurch beeinflußt werden, daß in prinzipiell bekannter Weise feine Gasblasen in den Wasserkörper unter dem Eis eingebracht werden, die aufsteigen, sich an der Eisunterseite anlagern und mit zunehmendem Eiskörper in den Eiskörper einfrieren. Dies kann in bekannter Weise durch Einblasen von Luft mittels fein perforierter Schläuche erfolgen. Bevorzugterweise werden die Gasblasen aber erfindungsgemäß dadurch erzeugt, daß Wasser,

das in an sich bekannter Weise unter Druck gasübersättigt wurde, in den Wasserkörper unter das Eis gepumpt wird. Beim Entspannen gasst das druckübersättigte Wasser aus und bildet dabei äußerst feine Gasblasen. Die so erzeugten Gasblasen sind so klein, daß sie, wenn sie im Eiskörper eingeschlossen sind, auch als wirksame Spannungskonzentratoren dienen können und so ein in wünschenswerter Weise spröderes Versagen des damit durchsetzten Modelleises bewirken. Es ist aber auch möglich, zum Zwecke des Gaseintrages gasbildende Chemikalien, wie z.B. Ammoniumbicarbonat od.dgl., in den Wasserkörper einzubringen.

Bei beiden Verfahren ist es außerdem auch möglich, in bekannter Weise im Wasser annähernd schwebende oder schwimmfähige Feststoffpartikel, die nicht als Eiswuchstumskeime wirken, z.B. feines Kunststoffgranulat od.dgl., in den Wasserkörper einzuspülen, damit diese Partikel sich als Störstellen im Eis einlagern und so die mechanischen Eigenschaften des Eises günstig beeinflussen.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele wird das erfindungsgemäße Verfahren erläutert. Es zeigen in schematischen Darstellungen

Fig. 1 einen vertikalen Schnitt durch eine nach dem Verfahren hergestellte Eisschicht mit eingeschlossenen, gasgefüllten Poren und mit im wesentlichen glatt durchlaufendem Biegeriß,

Fig. 2 bis 7 Darstellungen zur Erläuterung zum nach bekannten Verfahren hergestellten Eis und zum nachzubildenden Eis in der Natur, wobei

Fig. 2 einen vertikalen Schnitt durch eine durch herkömmliches Gefrieren hergestellte, säulenförmig texturierte Eisschicht,

Fig. 3 einen vertikalen Schnitt durch eine aus dotiertem Wasser durch herkömmliches Gefrieren hergestellte, säulenförmig texturierte Eisschicht mit einer feinkörnigen Oberschicht,

Fig. 4 einen vertikalen Schnitt durch eine säulenförmig texturierte Eisschicht mit einem glatt durchlaufenden Biegeriß,

Fig. 5 einen vertikalen Schnitt durch eine durch ein Sprühverfahren hergestellte, granular texturierte Eisschicht mit einem unebenen Biegeriß,

Fig. 6 einen vertikalen Schnitt durch eine typische Eisdecke in der Natur mit feinkörniger Oberschicht, mit säulenförmig texturierten Kristallkörnern begrenzter Länge, mit eingelagerten Schichten feinkörnigen, granularen Eises und mit einem glatt durchlaufenden Biegeriß,

Fig. 7 einen vertikalen Schnitt durch eine durch herkömmliches Gefrieren hergestellte, säulenförmig texturierte Eisschicht mit eingeschlossenen Gasblasen, die durch direktes Einblasen von Gas in den Wasserkörper unter dem Eis erzeugt wurden, zeigen,

Fig. 8 eine Verteilvorrichtung zum Einbringen von Eiswauchstumskeimen in den Wasserkörper unter dem Eis zur Herstellung einer Eisdecke, die aus einer herkömmlich gewachsenen Eisschicht und einer texturkontrollierten Eisschicht auf die Oberfläche eines Wasserkörpers in einem Behälter erhalten wird,

Fig. 9 in einer Seitenansicht eine Vorrichtung zur Erzeugung einer Eisschicht, wobei die Unterseite der Eisschicht mit Hilfe eines Schabewerkzeuges mechanisch bearbeitet wird, wobei die Anpreßkraft mittels eines hydrostatischen Antriebes erzeugt wird,

Fig.10 die Vorrichtung gemäß Fig.9 in einer Vorderansicht,

Fig.11 in einer Seitenansicht eine Vorrichtung und ein Regelungsblockschaltbild zur Erzeugung einer Eisschicht, wobei die Unterseite der Eisschicht mit Hilfe einer rotierenden Bürste mechanisch bearbeitet wird, wobei die Anpreßkraft kraftgeregelt konstant gehalten wird,

Fig.12 in einer Seitenansicht eine Vorrichtung zur Erzeugung einer Eisschicht, wobei die Eiswachstumskeime an die Unterseite der Eisschicht geführt oder dort erzeugt werden und wobei zwecks Erzeugung von gasgefüllten Poren im Eis mittels unter Druck gasübersättigtem Wasser feine Gasblasen in den Wasserkörper unter das Eis gebracht werden, und

Fig.13 in einer Seitenansicht eine Vorrichtung zur Erzeugung einer Eisschicht, wobei die Eiswachstumskeime in dem Wasserkörper unter dem Eis erzeugt werden.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung und bester Weg zur Ausführung der Erfindung.

In den Fig. 2 bis 7 sind Erläuterungen zum Stand der Technik und zum nachzubildenden Eis in der Natur dargestellt, wobei in Fig.2 mit 110 eine hauchdünne Eishaut, mit 130 orientierte Kristallkörner, in Fig.3 mit 210 eine Eishaut, mit 220 eine dünne Eisoberschicht, mit 230 säu-



lenförmige Kristallkörner, in Fig.4 mit 330 säulenförmige Kristallkörner, mit 340 Risse in der Eisdecke, in Fig.5 mit 410 Eiskristallkörner, mit 440 ein in Zickzacklinie verlaufender Riß, in Fig. 6 mit 520 eine Oberschicht aus granularem Eis, mit 530 eine säulenförmige Textur, mit 540 Risse und mit 560 eine Schicht aus granularem Eis bezeichnet sind. W ist in allen Figuren der Wasserkörper.

Zur Erzeugung einer Eisdecke, insbesondere für Modellversuche mit Schiffen oder Meeresbauwerken, auf der Wasseroberfläche des bei W in den Fig. 1,8 bis 13 dargestellten Wasserkörpers wird zunächst durch herkömmliches Gefrieren eine Eisschicht 734,834,934,1034,1134,1234,1334 gefroren. Bevorzugterweise wird das Eiswachstum in bekannter Weise dadurch eingeleitet, daß feiner Wassernebel 733,833,933,1033,1133,1233,1333 in die kalte Luft L über dem von jeglichem Eis befreiten, gefrierbereiten Wasser gesprüht wird. Die Nebeltröpfchen gefrieren noch in der Luft, sinken auf die eisfreie Wasseroberfläche und bilden dort spontan eine hauchdünne, feinkristalline Eishaut 1210. Unter dieser Eishaut bildet sich bei dotiertem Gefrierwasser eine feinkristalline, kaum säulenförmig texturierte Eisober-schicht 1220 aus, deren Dicke von der Art der Dotierung und den Gefrierbedingungen des betreffenden Eistanks abhängt und meist zwischen 0 und 5 mm liegt. An der Unter-seite 1221 der feinkristallinen Oberschicht 1220 bzw. falls diese nicht vorhanden ist, an der Unterseite 1211 der Eishaut 1210, beginnt bei fortgesetzter Kühlung der Eisoberfläche das Wachstum säulenförmiger Eiskristalle 1232.

Das Wachstum dieser säulenförmigen Eiskristalle 1232 wird durch Eiswachstumskeime 1202, z.B. feinkörniges Eisgranulat od.dgl., die an die Eisunterseite geführt werden, ge-

stört. Das Heranführen von Eiwachstumskeimen umfaßt hier auch das Erzeugen dieser Keime aus dem Material der bereits vorhandenen Eisschicht. Es bildet sich aus diesen Eiwachstumskeimen 1202 eine dünne Schicht feinkörnigen Eises 1260 mit granularer Textur, aus der erneut säulenförmige Kristallkörner 1230 zu wachsen beginnen. Die Länge dieser säulenförmigen Kristallkörner 1230 kann durch erneutes Heranführen von Eiwachstumskeimen 1202 an die Eisunterseite, die ja die Wachstumsfront bildet, begrenzt werden. Wird das Heranführen der Eiwachstumskeime 1202 kontinuierlich oder kurzfristig periodisch fortgesetzt, kann auch eine Schicht feinkörnigen, granularen Eises 1262 in beliebig gewünschter Dicke erhalten werden. Sobald das Heranführen der Eiwachstumskeime 1202 unterbrochen wird, beginnt bei fortgesetzter Kühlung der Eisoberfläche wieder das Wachstum säulenförmiger Eiskristalle 1231. Das Heranführen der Eiwachstumskeime 1202 an die momentane Eisunterseite kann beliebig lange fortgesetzt und beliebig lange unterbrochen werden, so daß praktisch über die gesamte Eisdicke eine Eisschicht gewünschter Textur, sog. texturkontrolliertes Eis 735,835,935,1035,1135,1235,1335 erhalten werden kann. Risse 1240, wie sie in einer solcherart erzeugten Eisschicht durch Biegebelastung entstehen, laufen annähernd glatt durch die gesamte Eisdicke. In dickeren Bereichen granularen Eises 1261 können diese Risse 1240a aber auch uneben sein.

Die Dichte des texturkontrollierten Eises 1235 einschließlich der des ungestört gewachsenen Eises an der Oberfläche der Eisschicht 1234 kann in prinzipiell bekannter Weise durch Eintrag von Gasblasen 741,841,941,1041,1141,1241,1341 während des Eiwachstums in den Wasserkörper W unter dem Eis eingestellt werden. Die Gasblasen werden als gasgefüllte Poren 1270 auf beliebigen Horizonten der Eisschicht im Eis

eingeschlossen. Wenn die gashaltigen Poren 1270 deutlich kleiner sind als etwa 1 mm im Durchmesser, können sie, neben der ohnehin bewirkten Schwächung des tragenden Querschnitts, auch als wirksame Spannungskonzentratoren dienen, die zu einem wünschenswert spröderen Versagen des gasporendurchsetzten Eises führen.

Bei dem in Fig. 8 dargestellten Verfahren wird eine Eisdecke, bestehend aus einer herkömmlich gewachsenen Eisschicht 734 und einer texturkontrollierten Eisschicht 735 auf der Oberfläche eines Wasserkörpers W in einem Behälter 701 dadurch erhalten, daß im Verlauf des Wachstums des texturkontrollierten Eises 735 Eiswachstumskeime 702 mittels einer geeigneten Verteilvorrichtung 703 in den Wasserkörper W unter dem Eis eingebracht werden. Die Verteilvorrichtung 703 kann unter dem Eis bewegt werden, so daß über die gesamte Fläche der Eisdecke oder Teile davon eine gleichmäßige oder annähernd gleichmäßige Verteilung der Eiswachstumskeime 702 bewirkt wird. Die Eiswachstumskeime werden, nach Art einer partikelbehafteten Strömung in Wasser suspendiert, mittels einer Pumpe 704 aus einem Vorratsbehälter 706 zur Verteilvorrichtung 703 gefördert. In den Vorratsbehälter 706 kann auch eine Vorrichtung zur Erzeugung der Eiswachstumskeime integriert sein. Das Wasser, mit dem die Eiswachstumskeime zur Verteilvorrichtung 703 gefördert werden, wird mittels einer Pumpe 705 aus dem Wasserkörper W im Behälter 701 entnommen und zum Vorratsbehälter 706 gepumpt. Bei diesem Verfahren kann auch auf die anfängliche Erzeugung einer herkömmlichen Eisschicht 734 mittels gefrorenem Nebel 733 verzichtet werden und stattdessen das Eiswachstum dadurch eingeleitet werden, daß in den Wasserkörper W, der an der Oberfläche von Eis befreit wurde, Eiswachstumskeime 702 eingebracht werden, die zur Oberfläche aufsteigen und dort eine feingranulare

Eisschicht nach Art der in Fig. 1 mit 1260 und 1261 bezeichneten Eisschicht bilden. In diesem Falle besteht die erzeugte Eisdecke über ihre gesamte Dicke aus texturkontrolliertem Eis 735.

Bei dem in den Fig. 9 und 10 dargestellten Verfahren wird eine Eisdecke, bestehend aus einer herkömmlich gewachsenen Eisschicht 834,934 und einer Schicht texturkontrollierten Eises 835,935 auf der Oberfläche eines Wasserkörpers W dadurch erhalten, daß im Verlauf des Wachstums des texturkontrollierten Eises 835,935 mittels Schabewerkzeugen 811, 911 feine Eiskristalle aus der Unterseite der Eisdecke gelöst werden, die sich als Eiswachstumskeime 802 an der Eisunterseite anlagern. Um Unebenheiten der Eisunterseite beim Bearbeitungsprozeß ausgleichen zu können und so eine über die bearbeitete Fläche weitgehend gleichmäßige Erzeugung der Eiswachstumskeime 802 zu erreichen, ist es vorteilhaft, die Schabewerkzeuge 811,911 in kürzere Abschnitte zu unterteilen und nachgebend anzulenken. Vorteilhaft ist es dabei, die Abschnitte der Schabewerkzeuge 811,911 auf drehbar gelagerten Hebelmechanismen 812,912 zu montieren, wobei die Nachgiebigkeit mittels Federn 813,913 bewirkt wird. Weiterhin vorteilhaft ist es, die am Eis anliegende Kante 811a,911a des Schabewerkzeuges 811,911 nach Art eines Zahnsachtels oder dgl. sägezahnförmig auszubilden. Es ist weiterhin vorteilhaft, die für die Bearbeitung der Eisunterseite erforderliche Anpreßkraft mittels eines Auftriebskörpers 814,914 aufzubringen. Dadurch wird eine weitgehend konstante und gleichmäßig verteilte Anpreßkraft erhalten. Durch Beballasten des Auftriebskörpers 814,914 mittels Gewichten 915 oder anderer geeigneter Maßnahmen kann die Anpreßkraft bis auf Null reduziert und so an die Erfordernisse angepaßt werden. Mittels einer dem Auftrieb entgegenwirkenden

Kraft P können die Schabewerkzeuge 811,911 von der Eisdecke abgehoben werden. Um das vom Schabeprozess erzeugte, auf den Auftriebskörper wirkende Kippmoment abzufangen, ist es zweckmäßig, den Auftriebskörper mittels einer die Tauchbewegung nicht behindernden Lagerung, z.B. einem Scherenmechanismus 816,916 od.dgl., an einen Unterwasserwagen 817,917 anzulenken, der z.B. auf seitlich angeordneten Schienen 818,918 läuft. Am Unterwasserwagen 817 kann dann auch die Kraft F angreifen, die zur Bewegung der Vorrichtung unter der Eisdecke her in der einen oder anderen Richtung erforderlich ist. Diese Kraft kann z.B. durch einen Seilzugmechanismus od.dgl. oder durch einen eigenen Antrieb des Unterwasserwagens erzeugt werden.

Bei dem in den Fig.11 dargestellten Verfahren wird eine Eisdecke, bestehend aus einer herkömmlich gewachsenen Eisschicht 1034 und einer Schicht texturkontrollierten Eises 1035 auf der Oberfläche eines Wasserkörpers W dadurch erhalten, daß im Verlauf des Wachstums des texturkontrollierten Eises 1035 mittels bürstenartiger Werkzeuge feine Eiskristalle aus der Unterseite der Eisdecke gelöst werden, die sich als Eiswachstumskeime 1002 an der Eisunterseite anlagern. Vorteilhaft ist es, als Werkzeug hierfür rotierend angetriebene Bürsten 1003 zu verwenden, die auf einem Anpreßmechanismus 1010 angeordnet sind, der für die Anpreßkraft sorgt, die für das Herauslösen der Eiskristalle erforderlich ist. Als Alternative zu der in den Fig. 9 und 10 dargestellten Anpreßkraftherzeugung mittels hydrostatischen Auftriebs wird in Fig. 11 ein Hebelmechanismus beispielsweise gezeigt, bei dem die Anpreßkraft kraftgeregelt konstant gehalten wird. Eine rotierende Bürste 1003 - es können auch mehrere sein - ist an dem einen Ende eines Hebels 1005 gelagert, der sich drehbar an einem Lager 1006 abstützt. Am freien Ende 1005a

des Hebels 1005 greift über eine Feder 1008 ein regelbarer Krafterzeuger 1007, der die Reaktionskraft zur gewünschten Anpreßkraft liefert. Die Anpreßkraft, mit der die Bürste 1003 gegen die Eisunterseite drückt, wird mittels eines Kraftmeßgliedes 1004 gemessen, das hier als in den Hebel 1005 integriert dargestellt ist. Die Lagerung 1006 und der Krafterzeuger 1007 stützen sich auf einem Unterwasserwagen 1017 ab, der z.B. auf seitlich angeordneten Schienen 1018 läuft. Am Unterwasserwagen 1017 kann dann auch die Kraft  $F$  angreifen, die zur Bewegung der Vorrichtung unter der Eisdecke her in der einen oder anderen Richtung erforderlich ist. Diese Kraft kann z.B. durch einen Seilzugmechanismus od.dgl. oder durch einen eigenen Antrieb des Unterwasserwagens erzeugt werden. Die am Kraftmeßglied 1004 gemessene momentane Anpreßkraft wird als Kraft-Istwert einem Regler 1022 zugeführt, der diesen Wert mit dem von einem Sollwertführer 1021 eingespeisten Sollwert vergleicht und je nach Differenz das Regelsignal an ein Leistungsteil 1023 gibt. Beim Leistungsteil 1023 kann es sich z.B. um eine Servohydraulikanlage od.dgl. handeln. Das Leistungsteil bewirkt die Aktionen des Krafterzeugers 1007, d.h. im Beispielsfalle einer servohydraulischen Anlage die Verschiebungen des Hydraulikkolbens. In einer einfacheren Ausführung wird auf den Kraftreglerkreis aus Kraftmeßglied 1004, Sollwertführer 1021, Regler 1022, Leistungsteil 1023 und Krafterzeuger 1007 verzichtet und die Anpreßkraft nur durch die Geometrie der Anordnung, die Federcharakteristik der Feder 1008 und deren momentane Auslenkung bestimmt.

Bei dem in Fig. 13 dargestellten Verfahren wird eine Eisdecke, bestehend aus einer herkömmlich gewachsenen Eisschicht 1334 und einer Schicht texturkontrollierten Eises 1335 auf der Oberfläche eines Wasserkörpers  $W$  dadurch erhalten, daß im Verlauf des Wachstums des texturkontrollierten

ten Eises 1335 im Wasserkörper W unter dem Eis Eiswauchstumskeime 1302 erzeugt werden. Dazu wird ein Kälteerzeuger 1303, z.B. ein mit einem Kühlmittel gefüllter Wärmetauscher od.dgl., in den Wasserkörper W eingebracht. An der Oberfläche des Kälteerzeugers 1303 bildet sich Eis 1304, aus dem mittels mechanischer Behandlung mit einer geeigneten Vorrichtung 1305, z.B. durch Abschaben oder Abbürsten mit einer rotierenden Bürste od.dgl. oder durch Vibration, feine Eiskristalle herausgelöst werden, die als Eiswauchstumskeime 1302 dienen. Vorteilhaft ist es, den Kälteerzeuger 1303 und die Vorrichtung 1305 zum Herauslösen der Eiskristalle aus dem gebildeten Eis 1303 auf einem gemeinsamen Unterwasserwagen 1317 zu montieren, der auf Schienen 1318 läuft und unter der Eisdecke hin und her bewegt werden kann. Auch bei diesem Verfahren kann auf die anfängliche Erzeugung einer herkömmlichen Eisschicht 1334 mittels gefrorenem Nebel 1333 verzichtet und stattdessen das Eiswauchstum dadurch eingeleitet werden, daß in den Wasserkörper W, der an der Oberfläche von Eis befreit wurde, Eiswauchstumskeime 1302 eingebracht werden, die zur Oberfläche aufsteigen und dort eine feingranulare Eisschicht nach Art der in Fig.1 mit 1260 und 1261 bezeichneten Eisschicht bilden. In diesem Fall besteht die erzeugte Eisdecke ebenfalls über ihre gesamte Dicke aus texturkontrolliertem Eis 1335.

In den Fig. 8 bis 13 sind bei 741,841,941,1041,1141,1241 bzw. 1341 im Wasserkörper aufsteigende Gasblasen angedeutet, die, wenn sie im Eiskörper eingefroren sind, zur Einstellung der Eisdichte und gegebenenfalls zur Schwächung des Eises dienen. Im Interesse möglichst kleiner Blasen ist es vorteilhaft, diese auf dem Wege des Ausgasens von unter Druck gasübersättigtem Wasser zu erzeugen. Es ist dabei vorteilhaft, die Vorrichtung zum Eintrag der Gasblasen in den Wasserkörper mit der Vorrichtung zur Herstellung des texturkontrollierten Eises zu verbinden. Fig.12

zeigt beispielshaft eine derartige Anordnung. Im Wasserkörper W unter der Eisdecke, bestehend aus ggf. einer herkömmlich gefrorenen Eisschicht 1134 und einer Schicht texturkontrollierten Eises 1135, ist auf einem Unterwasserwagen 1117, der ggf. auf Schienen 1118 läuft, eine Vorrichtung 1103 zur Erzeugung der Eiswachstumskeime nach einem der Verfahren angeordnet. Auf demselben Unterwasserwagen 1117 ist eine Austrittsvorrichtung für das gasübersättigte Wasser 1142, z.B. ein perforiertes Rohr od.dgl., montiert. Das gasübersättigte Wasser stammt aus einer Vorrichtung 1143, in der Wasser, das mittels einer Pumpe 1145 aus dem Wasserkörper W entnommen wurde, unter Druck mit Gas übersättigt wird. Das Druckgas wird von einem Druckgas-erzeuger 1144, z.B. einem Luftkompressor, einer Druckgasflasche od.dgl. entnommen und in eine Übersättigungsvorrichtung 1143 gedrückt. Die Einrichtungen zur Erzeugung des gasübersättigten Wassers können ganz oder teilweise auch auf dem Unterwasserwagen 1117 angeordnet sein.

Die Erfindung ist dabei nicht beschränkt auf die vorstehend beschriebenen und nachstehend beanspruchten Ausführungsformen. Eine andere Art der Kombination der beschriebenen Verfahrensmaßnahmen oder Vorrichtungen liegt ebenso im Rahmen der Erfindung wie die Verwendung jeweils äquivalenter Mittel und Maßnahmen, wie z.B. der Einsatz eines hydrodynamischen Auftriebs zum Zwecke der Erzeugung der Anpreßkraft, die Verwendung anderer als spanabhebender Bearbeitungsverfahren zum Herauslösen von Eiskristallen aus der Eisunterseite, wie z.B. mittels in Bewegung versetzten Wassers oder mittels Schwingungen oder mittels thermisch erzeugter Spannungsrisse, oder, zur Erzeugung des Gasblasen im Wasser, z.B. die Verwendung von gasbildenden Chemikalien oder der Einsatz von Schwingungen, die im Wasser gelöstes Gas zum



Ausperlen bringen.

Mit den vorangehend beschriebenen Verfahren und den hierzu ausgebildeten Vorrichtungen wird ein texturkontrolliertes Eis mit einer vorgegebenen Kristallstruktur für Modellversuche erhalten, das der Struktur des natürlichen Eises entspricht, was auch für die Gestaltung von Rißoberflächen und Bruchformen gilt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung einer Eisdecke, insbesondere für Modellversuche mit Schiffen oder Meeresbauwerken, auf einer Wasseroberfläche, dadurch gekennzeichnet, daß die Eisdecke erzeugt wird, indem das säulenförmige Wachstum des Eises durch Eintrag von feinkörnigen Eiswauchstumskeimen in den Wasserkörper so gestört wird, daß über die gesamte Eisdicke oder in einer oder mehreren Schichten ein feinkörniges Eis erhalten wird.
2. Verfahren zur Erzeugung einer Eisdecke, insbesondere für Modellversuche mit Schiffen oder Meeresbauwerken, auf einer Wasseroberfläche, dadurch gekennzeichnet, daß die Eisdecke erzeugt wird, indem das säulenförmige Wachstum des Eises durch feinkörnige Eiswauchstumskeime gestört wird, die dadurch erhalten werden, daß durch Behandlung der Eisunterseite feine Eiskristalle aus der Eisdecke herausgelöst werden, so daß über die gesamte Eisdecke oder in einer oder mehreren Schichten ein feinkörniges Eis erhalten wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Eiswauchstumskeime in Form eines feinkörnigen Eisgranulats in den Wasserkörper unter dem Eis eingebracht werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Eiswauchstumskeime mit Hilfe von strömendem Wasser in den Wasserkörper eingebracht werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Eiswauchstumskeime, die in den

Wasserkörper eingetragen werden, im Wasserkörper unter dem Eis erzeugt werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Eiswachstumskeime, die in den Wasserkörper eingetragen werden, von Eis gewonnen werden, das mittels eines Kälteerzeugers oder mittels mehrerer Kälteerzeuger im Wasserkörper unter dem Eis gefroren wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtungen zum Eintrag der Eiswachstumskeime in den Wasserkörper und/oder die zur Erzeugung der Eiswachstumskeime ganz oder teilweise auf einer oder mehreren, unter Wasser bewegbaren Plattformen oder Unterwasserwagen montiert ist.
8. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Behandlung der Eisunterseite in Form von mechanischer Bearbeitung vorgenommen wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Behandlung der Eisunterseite durch spanabhebende Maßnahmen und Werkzeuge, wie Schaber oder Bürsten od.dgl., vorgenommen wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 2, 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß unter der Eisdecke ein oder mehrere rotierend angetriebene oder parallel zur Eisdecke bewegbare Bürsten angeordnet sind.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 und 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß unter der Eisdecke ein oder mehrere Schaber od.dgl. angeordnet sind.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 und 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die am Eis anliegende Kante des oder der Schaber nach Art eines Zahnsachtels od. dgl. oder sägezahnartig ausgebildet ist.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 und 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die unter der Eisdecke angeordneten Bearbeitungswerkzeuge, wie z.B. Bürsten oder Schaber, nachgiebig aufgehängt sind.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 und 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Behandlung der Eisunterseite mittels in Bewegung versetzten Wassers, wie z.B. mittels einer oder mehrerer Wasserstrahlen, erfolgt.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 und 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Behandlung der Eisunterseite mittels Schwingungen erfolgt.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 und 8 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die unter der Eisdecke angeordneten Bearbeitungswerkzeuge, wie z.B. Bürsten oder Schaber, quer zur Fortschrittsrichtung in mehrere Segmente unterteilt sind.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 und 8 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß eine für die Behandlung der Eisunterseite erforderliche Anpreßkraft durch hydrostatischen Auftrieb, z.B. mittels eines Auftriebskörpers, erzeugt wird.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 und 8 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß eine Anpreßkraft, die durch

hydrostatischen Auftrieb erhalten wird, durch Ballastieren, z.B. mittels Ballastgewichten oder eingefüllter Flüssigkeit, einstellbar ist.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 und 8 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß eine für die Behandlung der Eisunterseite erforderliche Anpreßkraft mittels eines Hebelmechanismus erhalten wird.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 und 8 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß eine für die Behandlung der Eisunterseite erforderliche Anpreßkraft mittels eines Federmechanismus erhalten wird.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 und 8 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß eine für die Behandlung der Eisunterseite erforderliche Anpreßkraft mittels eines hydrodynamischen Auftriebs erhalten wird.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 und 8 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß eine für die Behandlung der Eisunterseite erforderliche Anpreßkraft mittels eines oder mehrerer Krafterzeuger, wie z.B. Hydraulik- oder Pneumatikzylinder, Hubspindeln o.dgl., erhalten wird.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 und 8 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß eine für die Behandlung der Eisunterseite erforderliche Anpreßkraft, die mittels eines oder mehrerer Krafterzeuger erhalten wird, durch einen Kraftregelkreis weitgehend frei geregelt werden kann.
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 und 8 bis 23, da-

durch gekennzeichnet, daß eine Vorrichtung zur Behandlung der Eisunterseite und ggf. eine Vorrichtung zur Erzeugung einer erforderlichen Anpreßkraft auf einer oder mehreren bewegbaren Plattformen, wie z.B. Unterwasserwagen od.dgl. angeordnet ist bzw. sind.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß in an sich bekannter Weise Gasblasen in den Wasserkörper eingetragen werden.
26. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß ein Eintrag von Gasblasen in den Wasserkörper in an sich bekannter Weise mittels unter Druck gasübersättigten Wassers erfolgt.
27. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß ein Eintrag von Gasblasen in den Wasserkörper durch Eintrag von gasbildenden Chemikalien in den Wasserkörper erfolgt.
28. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß ein Eintrag von Gasblasen dadurch erfolgt, daß mittels im Wasser erregter Druckschwankungen, wie Schockwellen, Schall od.dgl., in Wasser gelöstes Gas zum Ausperlen gebracht wird.
29. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß in prinzipiell bekannter Weise schwimmfähige oder in Wasser annähernd schwebende Festkörperpartikel in den Wasserkörper eingetragen werden.
30. Vorrichtung für ein Verfahren zur Erzeugung einer Eisdecke, insbesondere für Modellversuche mit Schiffen

oder Meeresbauwerken, auf einer Wasseroberfläche, wobei die Eisdecke erzeugt wird, indem das säulenförmige Wachstum des Eises durch Eintrag von feinkörnigen Eiswachstumskeimen in den Wasserkörper so gestört wird, daß über die gesamte Eisdicke oder in einer oder mehreren Schichten ein feinkörniges Eis erhalten wird, dadurch gekennzeichnet, daß eine Eisdecke, bestehend aus einer herkömmlich gewachsenen Eisschicht (734) und einer texturkontrollierten Eisschicht (735) auf der Oberfläche eines Wasserkörpers (W) in einem Behälter (701) dadurch erhalten wird, daß mittels einer Verteilvorrichtung (703) Eiswachstumskeime (702) in dem Wasserkörper (W) unter dem Eis eingebracht werden, wobei die Eiswachstumskeime (702) mittels einer Pumpe (704) aus einem Vorratsbehälter (706) der Verteilvorrichtung (703) zugeführt werden (Fig.8).

31. Vorrichtung nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Vorratsbehälter (706) eine Vorrichtung zur Erzeugung von Eiswachstumskeimen angeordnet ist.
32. Vorrichtung für ein Verfahren zur Erzeugung einer Eisdecke, insbesondere für Modellversuche mit Schiffen oder Meeresbauwerken, auf einer Wasseroberfläche, wobei die Eisdecke erzeugt wird, indem das säulenförmige Wachstum des Eises durch feinkörnige Eiswachstumskeime gestört wird, die dadurch erhalten werden, daß durch Behandlung der Eisunterseite feine Eiskristalle aus der Eisdecke herausgelöst werden, so daß die gesamte Eisdecke oder in einer oder mehreren Schichten ein feinkörniges Eis erhalten wird, dadurch gekennzeichnet, daß zum Ablösen von feinen Eiskristallen aus der Unterseite der Eisdecke eine aus Schabe-

werkzeugen (811,911) bestehende Einrichtung, in dem den Wasserkörper beinhaltenden Behälter angeordnet ist (Fig.9 und 10).

33. Vorrichtung nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß die Schabewerkzeuge (811,911) in kürzere Abschnitte unterteilt sind, die nachgebend an einem Tragarm mindestens eines unterhalb der Eisdecke verfahrbaren Unterwasserwagens (817,917) angelenkt sind.
34. Vorrichtung nach Anspruch 32 oder 33, dadurch gekennzeichnet, daß die Abschnitte der Schabewerkzeuge (811,911) auf drehbar gelagerten Hebelmechanismen (812,912) angeordnet sind, wobei die Nachgiebigkeit mittels Federn (813,913) bewirkt wird.
35. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 32 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß die am Eis liegende Kante (811a,911a) des Schabewerkzeuges (811,911) nach Art eines Zahnspachtels oder sägezahnförmig ausgebildet ist.
36. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 32 bis 35, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzielung einer Anpreßkraft des Schabewerkzeuges (811,911) an die Eisdeckenunterseite an dem fahrbaren Unterwasserwagen (817,917) ein Auftriebskörper (814,914) vorgesehen ist.
37. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 32 bis 36, dadurch gekennzeichnet, daß der Auftriebskörper (814,914) mittels Gewichten (915) beballastet wird.
38. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 32 bis 37,



dadurch gekennzeichnet, daß zum Abfangen eines auf den Auftriebskörper (814,914) wirkenden Kippmomentes während des Schabeprozesses der Auftriebskörper (814,914) mittels einer die Tauchbewegung nicht behindernden Lagerung, wie z.B. einem Scherenmechanismus od.dgl. (816,916), an dem fahrbaren Unterwasserwagen (817,917) angelenkt wird.

39. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 32 bis 38, dadurch gekennzeichnet, daß der Unterwasserwagen (817,917) auf bodenseitig verlegten Schienen (818,918) laufend ist.
40. Vorrichtung für ein Verfahren zur Erzeugung einer Eisdecke, insbesondere für Modellversuche mit Schiffen oder Meeresbauwerken, auf einer Wasseroberfläche, wobei die Eisdecke durch feinkörnige Eiswauchstumskeime gestört wird, die dadurch erhalten werden, daß durch Behandlung der Eisunterseite feine Eiskristalle aus der Eisdecke herausgelöst werden, so daß über die gesamte Eisdecke oder in einer oder in mehreren Schichten ein feinkörniges Eis erhalten wird, dadurch gekennzeichnet, daß zum Ablösen von feinen Eiskristallen aus der Unterseite der Eisdecke bürstenartige Werkzeuge vorgesehen sind, die als rotierend angetriebene Bürsten (1003) ausgebildet und auf einem Anpreßmechanismus (1010) angeordnet sind, der für die Anapreßkraft sorgt, die für das Herauslösen der Eiskristalle erforderlich ist (Fig.11).
41. Vorrichtung nach Anspruch 40, dadurch gekennzeichnet, daß ein oder mehrere rotierende Bürsten (1003) an dem einen Ende eines zweiarmigen Hebels (1005) angeordnet

sind, der sich drehbar auf einem Lager (1006) abstützt, wobei am freien Ende (1005a) des Hebels (1005) eine Feder (1008) angreift, die mit einem regelbaren Kraft-erzeuger (1007) in Wirkverbindung steht, und daß die Anpreßkraft, mit der die Bürste (1003) gegen die Eisunterseite gedrückt wird, mittels eines Kraftmeß-gliedes (1004) meßbar ist, das in den Hebel (1005) integriert ist, wobei die Lagerung (1006) und der Krafterzeuger (1007) sich auf mindestens einem unterhalb der Eisdecke fahrbaren Unterwasserwagen (1017) abstützen, der auf bodenseitig angeordneten Schienen (1018) verfahrbar ist.

42. Vorrichtung nach Anspruch 40 oder 41, dadurch gekennzeichnet, daß die am Kraftmeßglied (1004) gemessene momentane Anpreßkraft als Kraft-Istwert einem Regler (1022) zugeführt wird, der diesen Wert mit dem von einem Sollwert-Fühler (1021) eingespeisten Sollwert vergleicht und je nach Differenz das Regelsignal an ein Leistungsteil (1023) gibt, wobei das Leistungs-teil (1023) beispielsweise als Servohydraulikanlage ausgebildet ist.
43. Vorrichtung für ein Verfahren zur Erzeugung einer Eis-decke, insbesondere für Modellversuche mit Schiffen oder Meeresbauwerken, auf einer Wasseroberfläche, wobei die Eisdecke erzeugt wird, indem das säulenförmige Wachstum des Eises durch feinkörnige Eiswauchstumskeime gestört wird, die dadurch erhalten werden, daß durch Behandlung der Eisunterseite feine Eiskristalle aus der Eisdecke herausgelöst werden, so daß über die ge-samte Eisdecke oder in einer oder mehreren Schichten ein feinkörniges Eis erhalten wird, dadurch gekenn-

zeichnet, daß zur Erzeugung von Eishwachstumskeimen (1302) unter dem Eis im Verlauf des Wachstums des texturkontrollierten Eises (1335) in dem Wasserkörper (W) ein Kälteerzeuger (1303) angeordnet ist, daß das an der Oberfläche des Kälteerzeugers (1303) gebildete Eis (1304) durch mechanische Behandlung mittels einer Vorrichtung (1305) Eishwachstumskeime (1302) abgeschabt oder abgebürstet werden (Fig.12).

44. Vorrichtung nach Anspruch 43, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung (1305) aus mindestens einer rotierenden Bürste besteht.
45. Vorrichtung nach Anspruch 43, dadurch gekennzeichnet, daß das Herauslösen feiner Eiskristalle von dem an der Oberfläche des Kälteerzeugers (1303) gebildeten Eis (1304) mittels einer Vibrationseinrichtung erfolgt.
46. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 43 bis 45, dadurch gekennzeichnet, daß der Kälteerzeuger (1303) und die Vorrichtung (1305) zum Herauslösen der Eiskristalle aus dem gebildeten Eis (1303) auf einem verfahrbaren Unterwasserwagen (1317) angeordnet sind, der auf bodenseitig in dem Behälter des Wasserkörpers (W) angeordneten Schienen (1318) verfahrbar ist.
47. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 30 bis 46, dadurch gekennzeichnet, daß zur Herstellung kleiner Gasblasen, die auf dem Wege des Ausgasens von unter Druck gasübersättigtem Wasser erzeugt werden, die Vorrichtung zum Eintrag von Gasblasen in den Wasserkörper mit der Vorrichtung zur Herstellung des texturkontrollierten Eises miteinander verbunden sind, daß in dem Wasserkörper (W) unterhalb der Eisdecke auf einem verfahr-

baren Unterwasserwagen (1117) eine Vorrichtung (1103) zur Erzeugung von Eiwachstumskeimen angeordnet ist, und daß der Unterwasserwagen (1117) eine Austrittsvorrichtung (1142) für gasübersättigtes Wasser, wie ein perforiertes Rohr od.dgl., aufweist, wobei das gasübersättigte Wasser in einer Vorrichtung (1143) hergestellt wird, in der mittels einer Pumpe (1145) Wasser dem Wasserkörper (W) entnommen und unter Druck mit Gas übersättigt wird, wobei das Druckgas einem Druckgaserzeuger (1144), einem Luftkompressor, einer Druckgasflasche od.dgl. entnommen und in eine Übersättigungsvorrichtung (1143) gedrückt wird (Fig.12).



Fig. 2

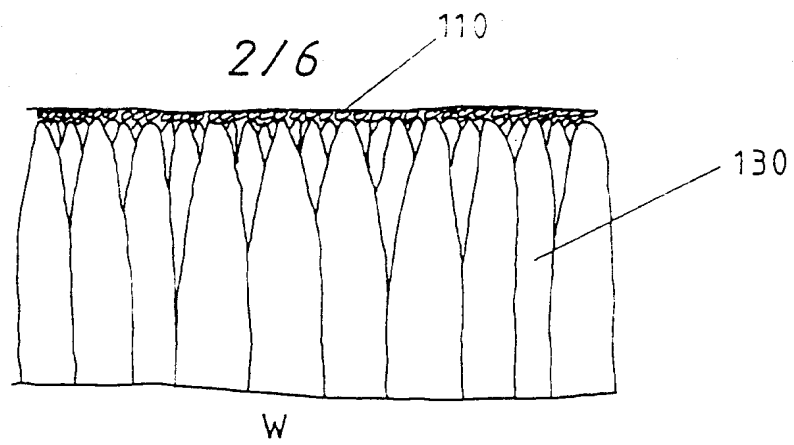


Fig. 3

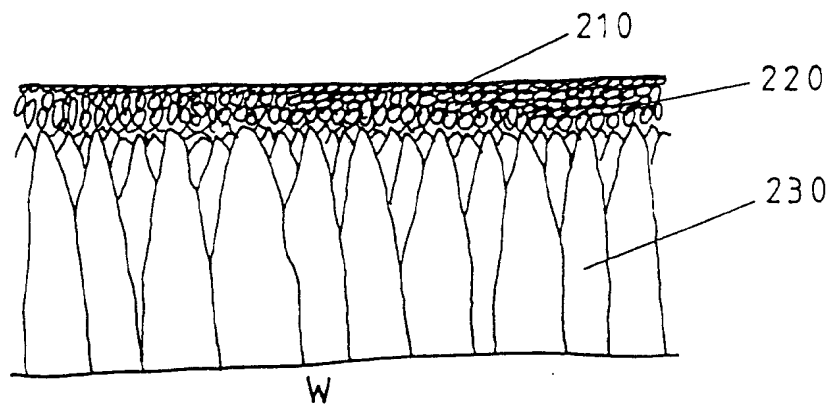


Fig. 4

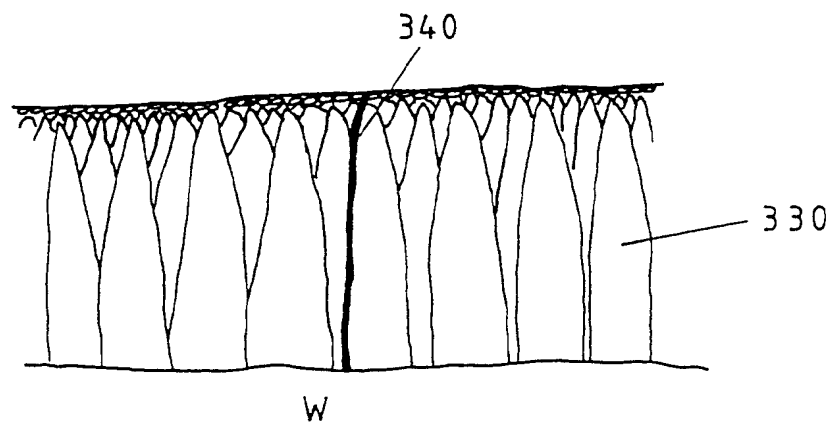
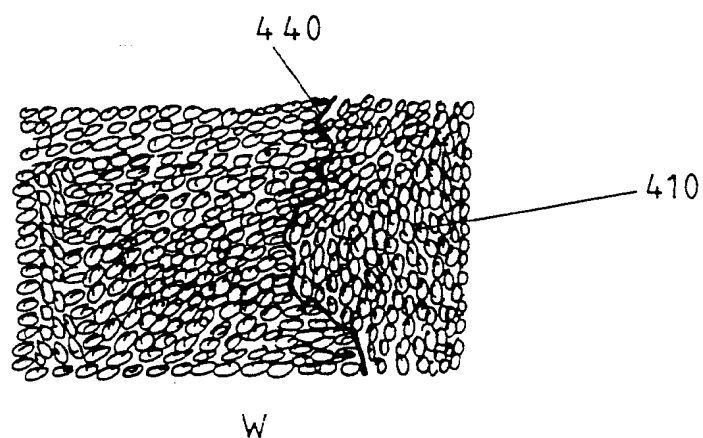
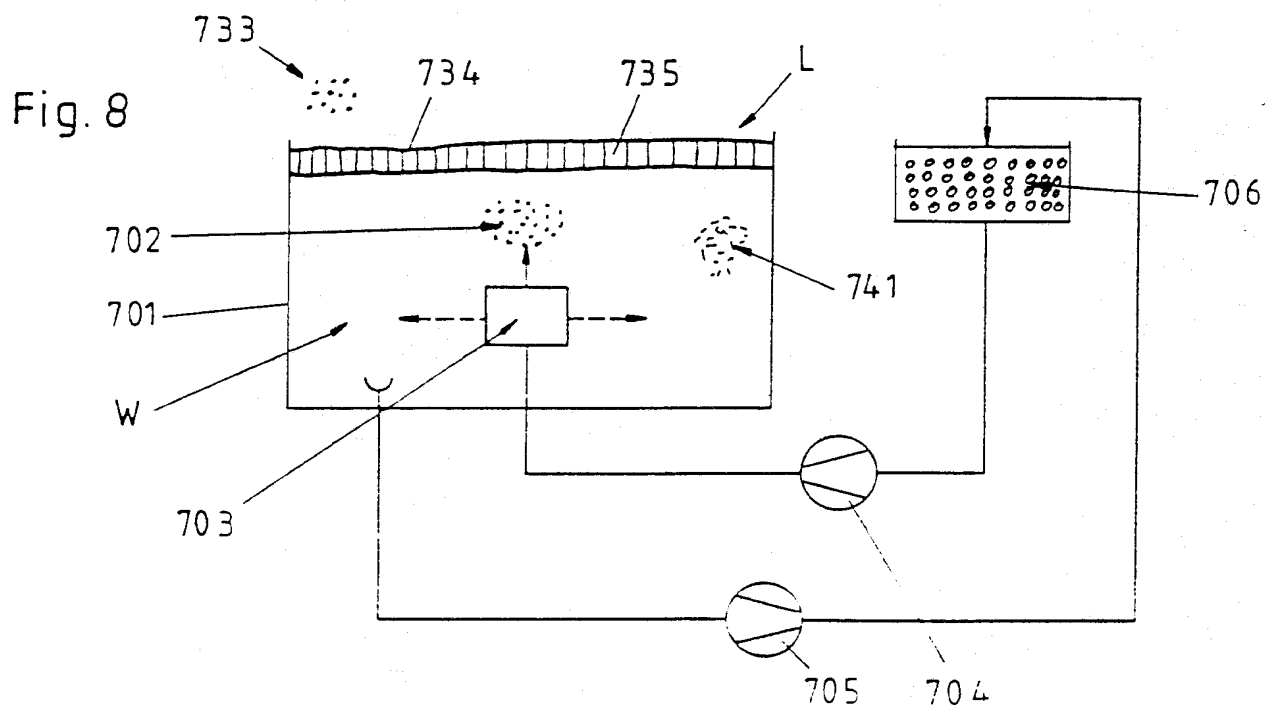
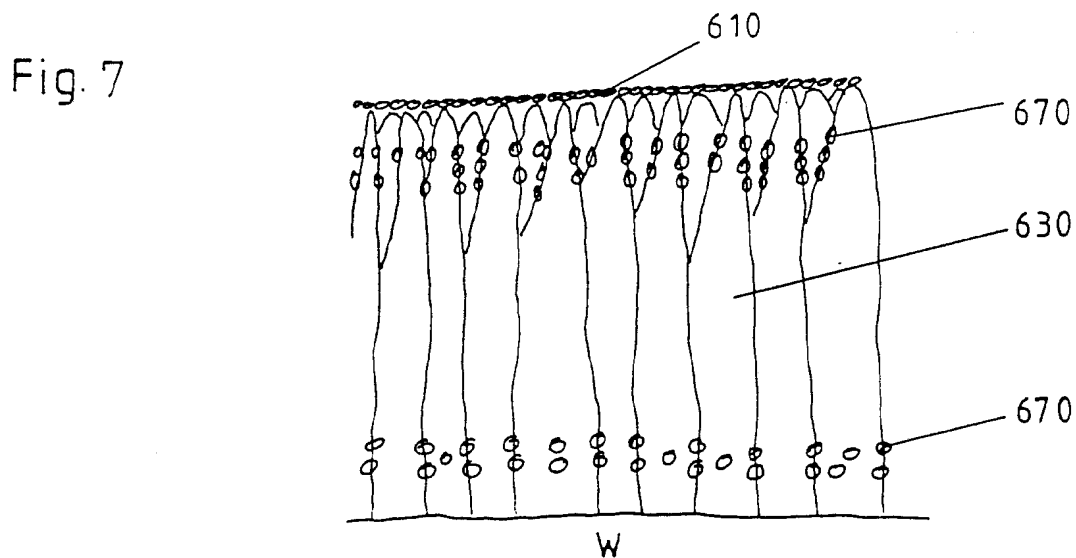
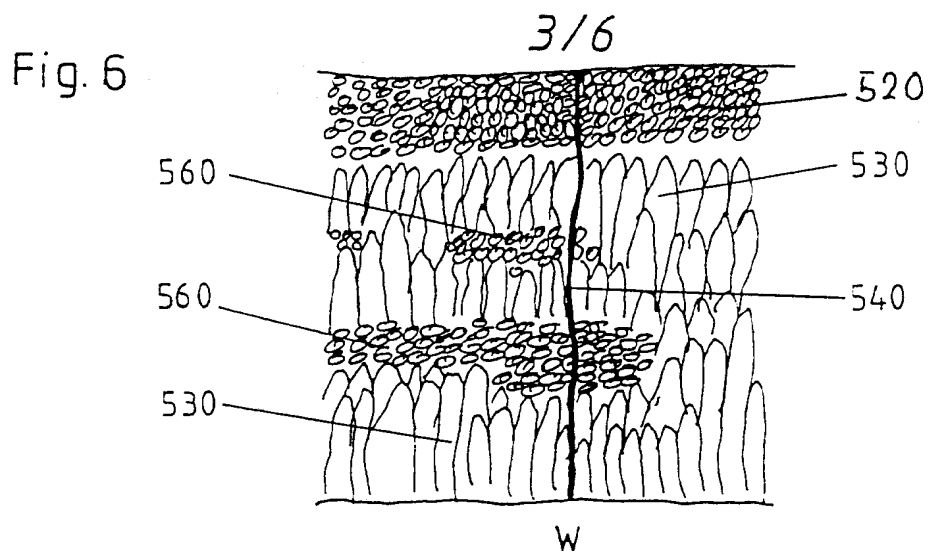


Fig. 5





4/6  
Fig. 9

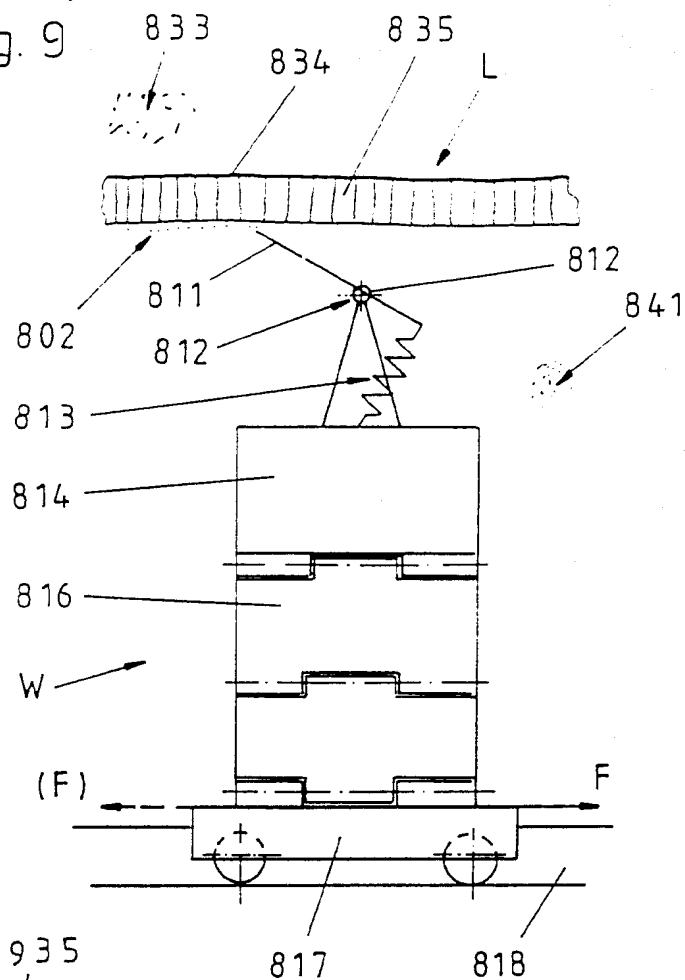


Fig.10

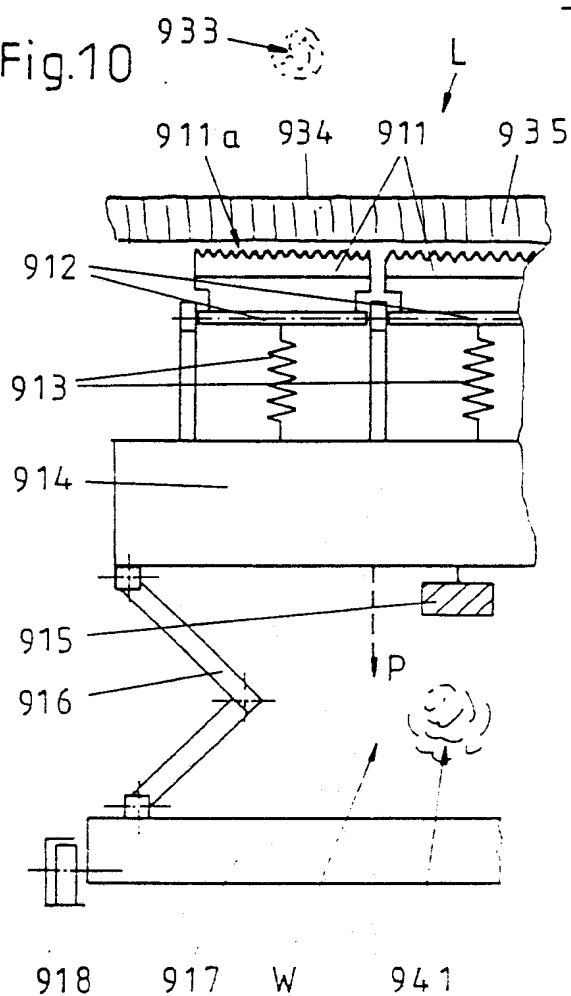




Fig.11

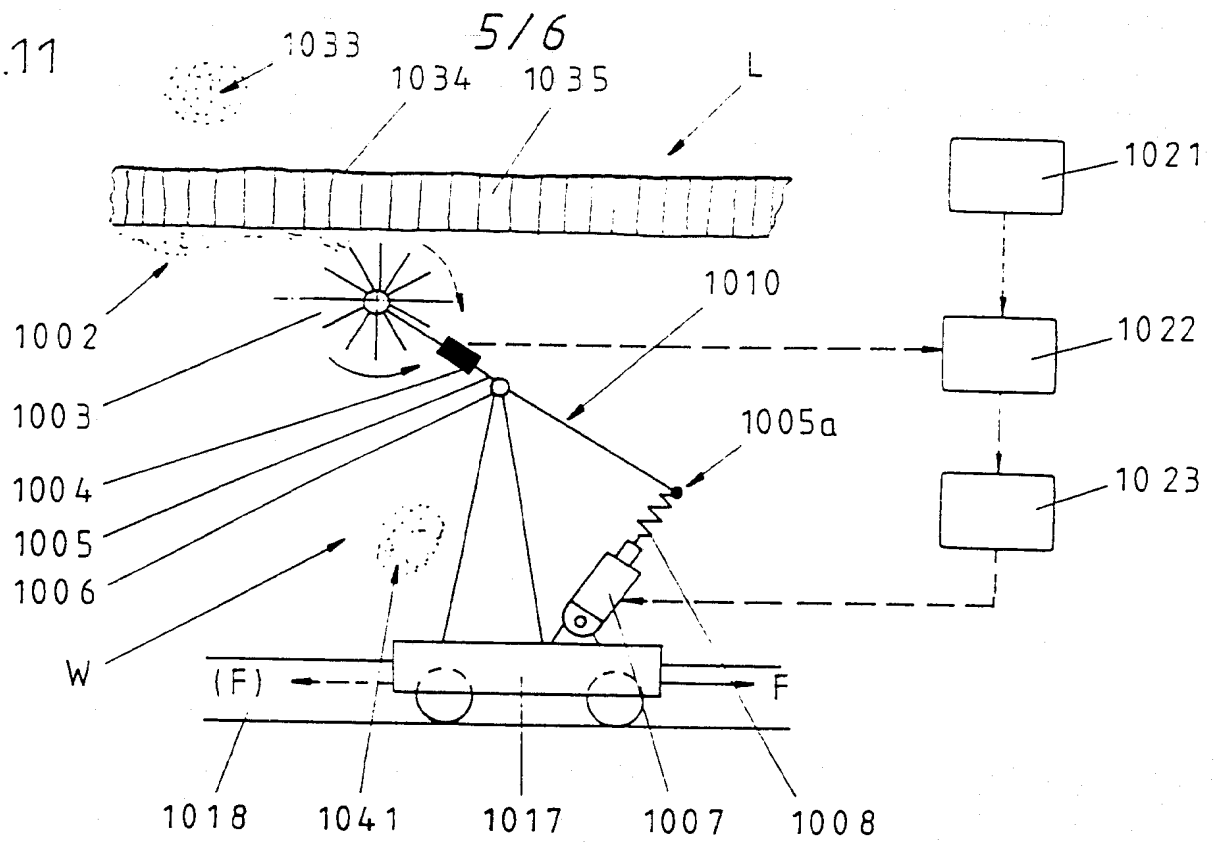
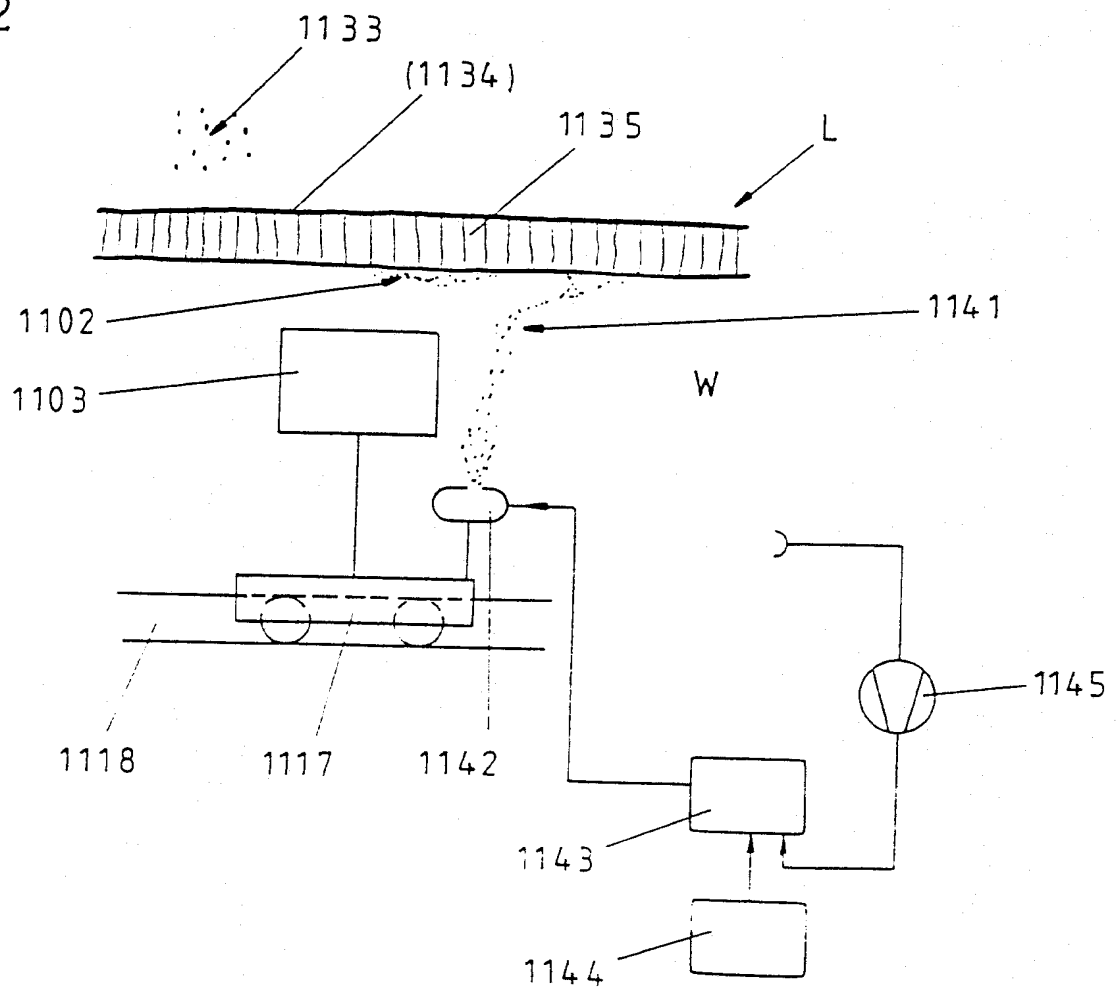
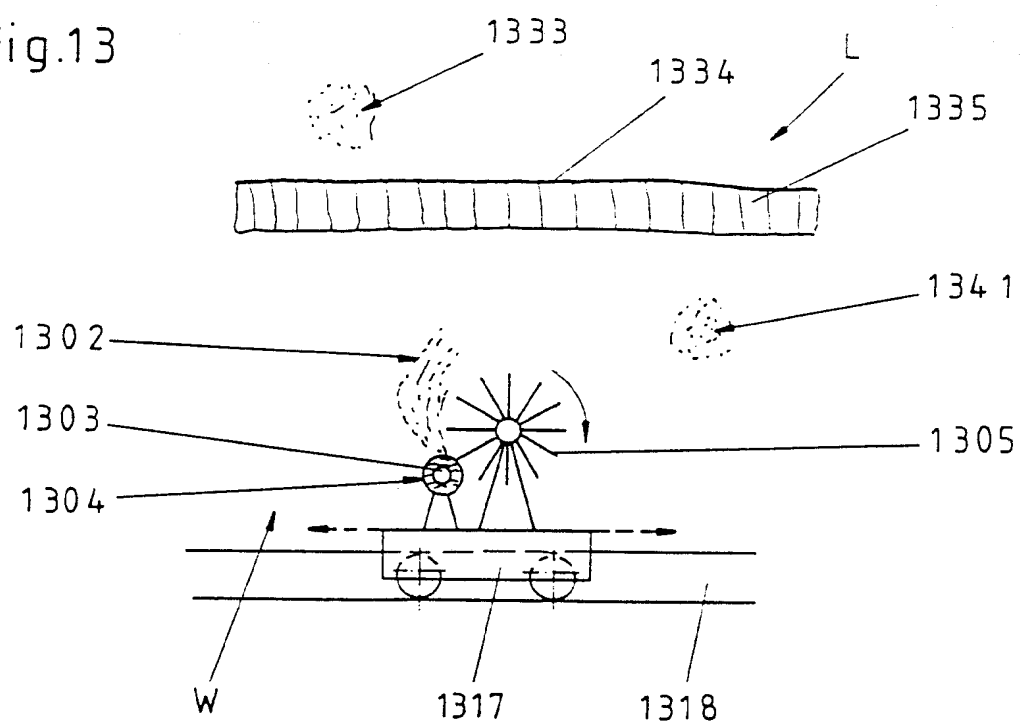


Fig.12



6/6

Fig.13



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No **PCT/EP 92/00305**

<b>I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> (if several classification symbols apply, indicate all) <sup>6</sup> According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC <div style="margin-top: 10px;">           Int. Cl.<sup>5</sup>      F25C1/00         </div>														
<b>II. FIELDS SEARCHED</b> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">Minimum Documentation Searched <sup>7</sup></div> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 30%; border: none;">Classification System</td> <td style="border: none;">Classification Symbols</td> </tr> </table> <div style="margin-top: 20px;">           Int. Cl.<sup>5</sup>      F25C ;      G01M         </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px; font-size: small;">         Documentation Searched other than Minimum Documentation          to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched <sup>8</sup> </div>			Classification System	Classification Symbols										
Classification System	Classification Symbols													
<b>III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <sup>9</sup></b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%; text-align: left; padding: 5px;">Category <sup>*</sup></th> <th style="width: 70%; text-align: left; padding: 5px;">Citation of Document, <sup>11</sup> with indication, where appropriate, of the relevant passages <sup>12</sup></th> <th style="width: 20%; text-align: left; padding: 5px;">Relevant to Claim No. <sup>13</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">A</td> <td style="padding: 5px;">US,A,3 691 781 (EDWARDS,JR. ET AL.) 19 September 1972</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">A</td> <td style="padding: 5px;">DE,A,3 345 648 (OY WÄRTSILÄ) 20 June 1984 cited in the application</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">A</td> <td style="padding: 5px;">US,A,4 754 610 (KNODEL ET AL.) 5 July 1988</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Category <sup>*</sup>	Citation of Document, <sup>11</sup> with indication, where appropriate, of the relevant passages <sup>12</sup>	Relevant to Claim No. <sup>13</sup>	A	US,A,3 691 781 (EDWARDS,JR. ET AL.) 19 September 1972		A	DE,A,3 345 648 (OY WÄRTSILÄ) 20 June 1984 cited in the application		A	US,A,4 754 610 (KNODEL ET AL.) 5 July 1988	
Category <sup>*</sup>	Citation of Document, <sup>11</sup> with indication, where appropriate, of the relevant passages <sup>12</sup>	Relevant to Claim No. <sup>13</sup>												
A	US,A,3 691 781 (EDWARDS,JR. ET AL.) 19 September 1972													
A	DE,A,3 345 648 (OY WÄRTSILÄ) 20 June 1984 cited in the application													
A	US,A,4 754 610 (KNODEL ET AL.) 5 July 1988													
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p><sup>*</sup> Special categories of cited documents: <sup>10</sup></p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="width: 48%;"> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p> </div> </div>														
<b>IV. CERTIFICATION</b> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;">           Date of the Actual Completion of the International Search  <div style="margin-top: 10px; text-align: center;">11 May 1992 (11.05.92)</div> </td> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;">           Date of Mailing of this International Search Report  <div style="margin-top: 10px; text-align: center;">27 May 1992 (27.05.92)</div> </td> </tr> <tr> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;">           International Searching Authority  <div style="margin-top: 10px; text-align: center;">EUROPEAN PATENT OFFICE</div> </td> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;">           Signature of Authorized Officer         </td> </tr> </table>			Date of the Actual Completion of the International Search <div style="margin-top: 10px; text-align: center;">11 May 1992 (11.05.92)</div>	Date of Mailing of this International Search Report <div style="margin-top: 10px; text-align: center;">27 May 1992 (27.05.92)</div>	International Searching Authority <div style="margin-top: 10px; text-align: center;">EUROPEAN PATENT OFFICE</div>	Signature of Authorized Officer								
Date of the Actual Completion of the International Search <div style="margin-top: 10px; text-align: center;">11 May 1992 (11.05.92)</div>	Date of Mailing of this International Search Report <div style="margin-top: 10px; text-align: center;">27 May 1992 (27.05.92)</div>													
International Searching Authority <div style="margin-top: 10px; text-align: center;">EUROPEAN PATENT OFFICE</div>	Signature of Authorized Officer													

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT  
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.**

EP 9200305  
SA 56124

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report.  
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on  
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information. 11/05/92

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A-3691781	19-09-72	CA-A- 948869	11-06-74
		DE-A- 2226136	15-03-73
		DE-A, B, C 2260299	03-05-73
		FR-A- 2149141	23-03-73
		GB-A- 1367230	18-09-74
		JP-A- 49034640	30-03-74
		NL-A- 7210291	01-02-73
DE-A-3345648	20-06-84	FR-A, B 2538091	22-06-84
		JP-B- 2021511	15-05-90
		JP-A- 59115956	04-07-84
		NL-A- 8304350	16-07-84
		SE-A- 8306710	18-06-84
		SU-A- 1523057	15-11-89
		US-A- 4532772	06-08-85
US-A-4754610	05-07-88	JP-A- 61274785	04-12-86

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

PCT/EP 92/00305

Internationales Aktenzeichen

**I. KLASSTIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS** (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben)<sup>6</sup>

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

Int.Kl. 5 F25C1/00

**II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE**Recherchierter Mindestprüfstoff <sup>7</sup>

Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole
Int.Kl. 5	F25C ; G01M

Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen <sup>8</sup>**III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN** <sup>9</sup>

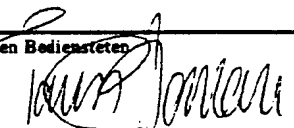
Art. <sup>9</sup>	Kennzeichnung der Veröffentlichung <sup>11</sup> , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile <sup>12</sup>	Betr. Anspruch Nr. <sup>13</sup>
A	US,A,3 691 781 (EDWARDS,JR. ET AL.) 19. September 1972 ---	
A	DE,A,3 345 648 (OY WÄRTSILÄ) 20. Juni 1984 in der Anmeldung erwähnt ---	
A	US,A,4 754 610 (KNODEL ET AL.) 5. Juli 1988 ---	

<sup>9</sup> Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen <sup>10</sup>:

- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

**IV. BESCHEINIGUNG**

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
11. MAI 1992	27. 05. 92
Internationale Recherchenbehörde	Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten
EUROPAISCHES PATENTAMT	BROMAN B.T. 

**ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 9200305  
SA 56124

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

11/05/92

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US-A-3691781	19-09-72	CA-A- 948869	11-06-74
		DE-A- 2226136	15-03-73
		DE-A, B, C 2260299	03-05-73
		FR-A- 2149141	23-03-73
		GB-A- 1367230	18-09-74
		JP-A- 49034640	30-03-74
		NL-A- 7210291	01-02-73
DE-A-3345648	20-06-84	FR-A, B 2538091	22-06-84
		JP-B- 2021511	15-05-90
		JP-A- 59115956	04-07-84
		NL-A- 8304350	16-07-84
		SE-A- 8306710	18-06-84
		SU-A- 1523057	15-11-89
		US-A- 4532772	06-08-85
US-A-4754610	05-07-88	JP-A- 61274785	04-12-86